

# ACUMULAÇÃO DE MASSA SECA E NUTRIENTES POR HÍBRIDOS DE MILHO CULTIVADOS COM E SEM IRRIGAÇÃO SUPLEMENTAR

Carlos Alberto Vasconcellos<sup>1</sup>

José Vieira Alves Barbosa<sup>2</sup>

Hélio Lopes dos Santos<sup>2</sup>

Gonçalo Evangelista de França<sup>1</sup>

Antônio Fernandino de Castro Bahia Filho<sup>1</sup>

**RESUMO** - O trabalho teve o objetivo de estudar a acumulação de massa seca, de P, K, Ca e Mg, em dois híbridos de milho, CMS 201 X e CMS 202 X, com e sem irrigação suplementar, em solo LED, fase cerrado. Os tratamentos, em duas repetições, foram constituídos pelas épocas de amostragem 15, 30, 45, 60, 75, 90, 120, 142 e 154 dias após a germinação. Em cada parcela coletaram-se seis plantas, para as determinações de massa seca, teor de P, K, Ca e Mg, nas seguintes partes das plantas: colmo, folhas, espigas, grãos e pendão. Não houve diferença entre os tratamentos com e sem irrigação. Entre os dois materiais, o CMS 202 X apresentou uma produção de grãos 24% superior, com taxa máxima de acumulação de massa seca total de  $18 \text{ g m}^{-2} \cdot \text{dia}^{-1}$ , aos 88 dias após a germinação. O CMS 201 X alcançou a taxa máxima com  $23 \text{ g m}^{-2} \cdot \text{dia}^{-1}$ , aos 77 dias após a germinação. Houve evidência de que o híbrido mais produtivo possui menor acumulação de massa seca nos colmos e folhas após o florescimento masculino e menor massa seca de pendão. Não houve diferença entre híbridos para as quantidades máximas absorvidas de P, K, Ca e Mg, cujos valores foram, respectivamente, 23, 71, 29 e 18 kg/ha. No ponto de máximo acúmulo, o CMS 202 X apresentou a eficiência de 237 kg de grão/kg de P e 75 kg de grão/kg de K absorvidos. O CMS 201 X apresentou a eficiência de 292 kg de grão/kg de P e 95 kg de grão/kg de K absorvidos.

## DRY MATTER AND NUTRIENT ACCUMULATION OF CORN HYBRIDS WITH AND WITHOUT SUPPLEMENTAL IRRIGATION

**ABSTRACT** - The objective of this study was to determine differences in dry matter, P, K, Ca and Mg accumulation between two corn hybrids, CMS 201 X and CMS 202 X, with and without supplemental sprinkler irrigation. The trials were carried out in a Dark Red Latosol, cerrado phase, with two replications. Fifteen, 30, 45, 60, 75, 90, 105, 120, 142 and 154 days after emergence, six plants per replication were harvested for dry matter determination and chemical analysis in the following plant parts: leaves, stems, tassels, cobs and grains. The supplemental irrigation did not influence the grain production. Grain production of CMS 202 X were 24% greater than CMS 201 X, while total dry matter accumulation (DMA) of CMS 201 X ( $23 \text{ g.m}^{-2} \cdot \text{dia}^{-1}$ , 77 days after emergence) was greater than CMS 202 X ( $18 \text{ g.m}^{-2} \cdot \text{dia}^{-1}$ , 88 days after emergence). There was evidence that the more productive hybrid had less DMA for leaves and stalks after the tasseling stage. There were no significant differences between the two hybrids for total P, K, Ca and Mg uptake and the totals were 23, 71, 29 and 18  $\text{kg.ha}^{-1}$ , respectively. At the maximum P and K accumulation point, the grain yields of CMS 202 X were 237  $\text{kg.kg}^{-1}$  of P and 75  $\text{kg.kg}^{-1}$  of K uptake, while the grain yield for the CMS 201 X were 292  $\text{kg.kg}^{-1}$  of P and 95  $\text{kg.kg}^{-1}$  of K uptake.

## INTRODUÇÃO

A avaliação da acumulação diferencial da matéria seca e de nutrientes pode contribuir nos trabalhos de obtenção de variedades e/ou híbridos de milho mais adaptados a determinadas condições

<sup>1</sup> Eng. - Agr., Ph.D., Pesquisador da EMBRAPA/CNPMilho e Sorgo, Caixa Postal 151, CEP 35700 Sete Lagoas, MG.

<sup>2</sup> Eng. - Agr., M.Sc., Pesquisador da EMBRAPA/CNPMilho e Sorgo, Caixa Postal 151, CEP 35700 Sete Lagoas, MG.

ambientais, e com maior eficiência em transformar o assimilado em grãos. Assim é, que Vose (1963) menciona trabalhos de Gregory e Crowther (1928), indicando a possibilidade da apatação genética a solos de baixa fertilidade. Contudo, além do aspecto nutricional de "per se", são necessários conhecimentos da distribuição de matéria seca, por estádio fisiológico, nas diferentes partes da planta, facilitando o direcionamento dos trabalhos de seleção genética. Como exemplo, Goldworthy & Colegrove (1974) e Yamaguchi (1974) alegaram que a baixa produtividade do milho tropical, em comparação ao milho de clima temperado, está relacionada com a baixa conversão da matéria seca total em grãos. Por outro lado, Muleba et al. (1983) associou a baixa produtividade dos materiais tropicais à elevada dominância apical devida ao maior tamanho do pendão.

O objetivo do presente trabalho foi o de avaliar alguns parâmetros de nutrição mineral e da fisiologia de dois híbridos de milho, diferenciados por apenas uma linhagem, procurando visualizar diretrizes para obtenção de plantas mais eficientes em converter nutrientes assimilados em grãos, com e sem irrigação suplementar.

## MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados dois híbridos experimentais do Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo (CNPMS): CMS 201 X (híbrido triplo) e CMS 202 X (híbrido duplo). A diferença entre os híbridos reside, principalmente, na introdução de uma linhagem para obtenção do híbrido duplo.

Com cada híbrido, foram conduzidos dois ensaios, durante o ano agrícola 81/82, em Latossolo Vermelho Escuro, distrófico, fase cerrado com as seguintes características químicas iniciais pH 5,1; Al 0,40; Ca 2,75 e Mg 0,40 emg/100 cc, P 11 ppm e K 48 ppm. Um dos ensaios recebeu irrigação suplementar com 162 mm de água e o outro, apenas a precipitação natural (1.346 mm). Aplicaram-se 2 t/ha de calcário dolomítico.

O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, com 10 tratamentos e duas repetições. Os tratamentos foram constituídos pelas épocas de amostragem, ou seja, aos 15, 30, 45, 60, 75, 90, 105, 120, 142 e 154 dias após a germinação das se-

mentes. Em cada parcela coletaram-se seis plantas competitivas, distribuídas no espaçamento de 1 m entre fileiras e com cinco plantas por metro. A adubação de manutenção foi de 400kg/ha da fórmula 4-14-8 + 4 kg/ha de Zn no sulco de plantio. Aplicaram-se 40 kg de N/ha, em cobertura, na forma de sulfato de amônio, aos 35 dias após a germinação.

As plantas foram separadas em colmo, folha, pendão, palha, sabugo e grãos, dependendo do estádio de desenvolvimento da planta. Após a quantificação do peso da matéria seca a 75°C, as amostras foram moídas e analisadas quimicamente para P, K, Ca e Mg, seguindo-se os métodos descritos em Sarruge & Haag (1974). O cálcio e o magnésio foram determinados por absorção atômica, o potássio por fotometria de chama e o fósforo por colorimetria, seguindo-se o desenvolvimento da cor azul conforme método de Murphy & Riley (1962) descrita por Watanabe & Olsen (1965).

A taxa de Crescimento Relativo (TCR) foi determinada pela fórmula:

$$TCR = \frac{\ln W_{i+1} - \ln W_i}{(t_{i+1} - t_i)} \quad (1)$$

onde  $W_i$  representa o acúmulo de matéria seca total (MST) no tempo  $t_i$  em dias após a germinação (Radford 1967).

O acúmulo da MST foi ajustado à equação

$$MST = A (1 + e^{(B - Ct)})^{-1} \quad (2)$$

onde A é o maior acúmulo da MST, B e C são parâmetros não biológicos e fornecem a evolução da curva. A relação B/C indica o número de dias onde houve o máximo acúmulo da MST.

Para as diferentes partes da planta (folhas, colmos, espigas, grãos e pendão), procurou-se o melhor ajustamento entre as equações lineares, quadrática e cúbica.

## RESULTADO E DISCUSSÃO

### Acúmulo de matéria seca

A análise de variância não acusou diferenças significativas entre os tratamentos com e sem irrigação suplementar, tanto para a CMS 201 X (C.V. = 26,3%) como para a CMS 202 X (C.V. = 14,1%), para o acúmulo de Matéria Seca Total (MST) e para a matéria seca das diferentes partes

da planta. Desta forma, as equações ajustadas (Tabela 1) referem-se aos dados conjuntos dos tratamentos com e sem irrigação.

Através da Taxa de Crescimento Relativo (TCR), verificou-se que ambas as cultivares seguem uma equação única, com valores decrescentes a partir do 15º dia após a germinação, como demonstrado na Fig. 1.

Conforme Evans (1972), não é necessário que a TCR seja constante, e mencionou exemplos nos quais esta taxa varia, a pequenos intervalos de tempo e ano. Os dados apresentados na Fig. 1 demonstraram que a TCR decresceu com o desenvolvimento das plantas, sendo semelhante para ambas as cultivares.

Para o híbrido CMS 201 X obteve-se o máximo acúmulo de MST aos 77 dias após a germinação (Fig. 2). Neste período, houve um acúmulo máximo de 4,6 g de MST dia<sup>-1</sup> planta<sup>-1</sup> (23. g.m<sup>-2</sup> . dia<sup>-1</sup>), Fig. 3.

Para o híbrido CMS 202 X, obteve-se o acúmulo máximo aos 88 dias, Fig. 2. Neste período, a taxa de acumulação foi de 3,6 g de MST dia<sup>-1</sup> planta<sup>-1</sup>, (18 g.m<sup>-2</sup> . dia<sup>-1</sup>), conforme Fig. 3.

Entre as duas cultivares, portanto, o CMS 202 X apresentou taxa de acumulação de MST

mais lenta entre os 55 e 100 dias após a germinação. Posteriormente, segue maior taxa de acumulação, indicando haver maior amplitude na absorção iônica e conversão de fotosintetizados em grãos.

Estes valores máximos obtidos para a taxa de acumulação da MST foram inferiores aos obtidos por Lopes (1973), 26,9 g.m<sup>-2</sup> . dia<sup>-1</sup>, e Goldsworthy et al. (1974), 25 a 35 g.m<sup>-2</sup> . dia<sup>-1</sup>, por ocasião do início da formação da espiga.

Através dos dados apresentados na Tabela 1, verificou-se que a CMS 201 X apresentou uma taxa de 12,3% da MST (30,9 - 18,6 = 12,3) na redução da matéria seca acumulada nos colmos, inferindo-se a transcolocação de fotossintetizados para as espigas. O CMS 202 X apresentou uma taxa menor, 3,3% da MST. O híbrido CMS 202 X apresentou, portanto, menor perda da MST nos colmos e maior produção de grãos que o CMS 201 X, respectivamente 6.739 kg/ha e 5.444 kg/ha. Neste caso, a taxa de assimilação permanece alta por um período maior de tempo, até próximo à maturação dos grãos, justificando sua maior produtividade. Conforme Adelana & Milbourn (1972), materiais de alta produtividade que não apresentam perdas de MST nos colmos, apresentam taxa de assimilação alta até a maturação dos grãos em virtude, principalmente, do baixo índice de folhas senescentes.

**TABELA 1.** Equações ajustadas para a massa seca acumulada nas diferentes partes do milho como percentual<sup>Y</sup> da massa seca total acumulada<sup>1</sup>, em relação a dias após a germinação (x).

Parte da planta	Cultivar CMS	Equações	R <sup>2</sup> %	Máximo		% Final <sup>3</sup>
				Dias <sup>2</sup>	%	
Colmos	201 X	$\hat{y} = -3,69 + 0,00756x^2 - 0,000043x^3$	88***	117	30,9	18,6
	202 X	$\hat{y} = -9,03 + 0,39x - 0,000086x^3$	91***	123	22,9	19,6
Folhas	201 X	$\hat{y} = -5,83 + 0,28x - 0,000085x^3$	90***	105	13,6	6,2
	202 X	$\hat{y} = -5,96 + 0,33x - 0,0016x^2$	90***	103	11,0	6,9
Espigas	201 X	$\hat{y} = -233,87 + 4,16x - 0,0145x^2$	96**	143	64,5	62,9
	202 X	$\hat{y} = -182,13 + 3,04x - 0,00901x^2$	100***	168	73,2	72,6
Grãos	201 X	$\hat{y} = -412,63 + 6,51x - 0,0231x^2$	98*	141	46,0	42,1
	202 X	$\hat{y} = -197,76 + 3,02x - 0,0092x^2$	100***	164	50,1	49,4
Pendão	201 X	$\hat{y} = -10,76 - 0,130x + 0,00044x^2$	92**	75 <sup>4</sup>	3,3	1,2
	202 X	$\hat{y} = -3,05 - 0,015x$	84**	75 <sup>4</sup>	1,9	0,7

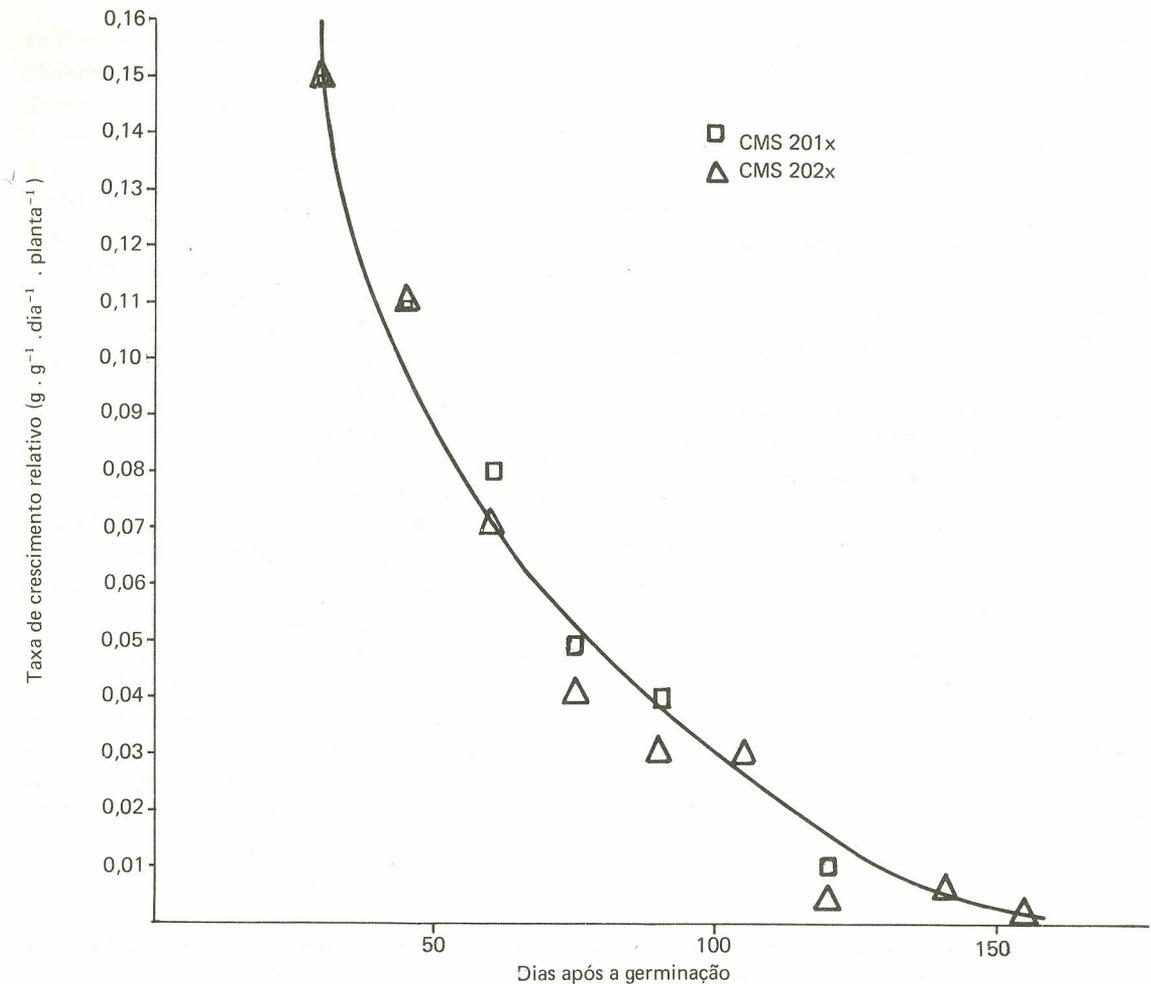
<sup>1</sup> MST observada: CMS 201 X (236,7 g planta<sup>-1</sup>); CMS 202 X (269,0 g planta<sup>-1</sup>);

<sup>2</sup> Dias após a germinação.

<sup>3</sup> Final de ciclo (154 dias).

<sup>4</sup> Máximo observado.

Nas equações ajustadas, n.s. não significativo, \* significativo a 15%, \*\* significativo a 5% e \*\*\* significativo a 1%.



**FIG. 1.** Taxa de crescimento relativo para duas cultivares de milho, CMS 201x e CMS 202x. Sete Lagoas, MG, 1983.

Esta distinção entre acumulação e perda da matéria seca das partes vegetativas para as reprodutivas tem sido amplamente discutida na literatura. Daynard et al. (1969), por exemplo, concluíram que variedades com baixo potencial de formação de grãos apresentam baixa remobilização dos carboidratos solúveis dos colmos para os grãos. Goldsworthy & Colegrove (1974) e Goldsworthy et al. (1974) verificaram que a menor produção de grãos de cinco materiais tropicais, quando comparada com a dos materiais de clima temperado, ficou associada a uma menor taxa de acumulação nos grãos e elevada acumulação de matéria seca na palhada do milho após o florescimento.

Aos 75 dias após a germinação, quantificou-se, experimentalmente, o máximo peso do pendão, independente do híbrido, sem detalhar-se o seu estágio de desenvolvimento. Tomando-se como referência esta época para o pendoamento, verifica-se que o híbrido CMS 202 X apresenta um acúmulo de MST de 6,3% nos colmos e de 1,2% nas folhas, até o período de máximo acúmulo das respectivas partes da planta (Tabela 1). Em contrapartida, o CMS 201 X apresentou acúmulo de 10,2% nos colmos e de 2,0% nas folhas. Desta forma, pode-se inferir que o híbrido CMS 202 X possui maior translocação de fotossintetizados para os grãos e, conseqüentemente, maior conversão da MST em grãos do que o híbrido CMS 201 X (Tabela 1).

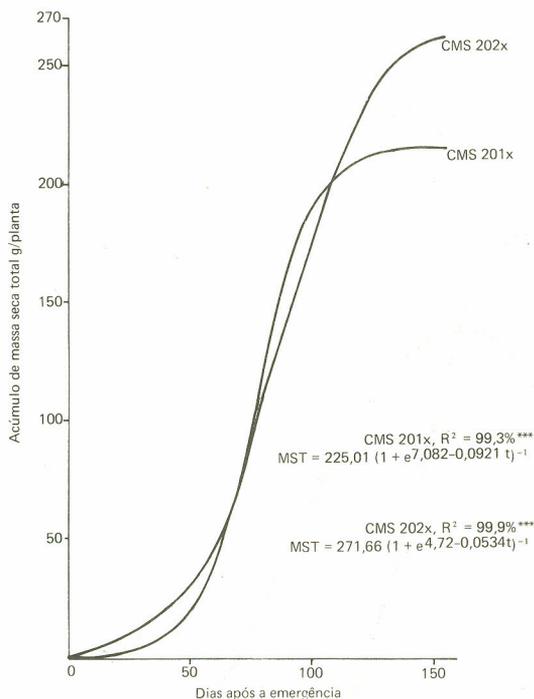


FIG. 2. Acumulação de massa seca total de dois híbridos de milho, CMS 201x, CMS 202x.

Um outro ponto a ser observado é o maior número de dias, após a germinação, para a obtenção do máximo acúmulo de matéria seca, nas espigas e grãos, apresentado pela cultivar CMS 202 X, indicando um maior período para o enchimento de grãos.

Fakorede & Mock (1978) sugerem que o maior período de enchimento de grãos foi uma das características mais adequadas para explicar o aumento da produtividade de milho, após sete ciclos de seleção.

Deve-se notar que alguns autores como Mortimore & Ward (1964) e Liebhardt et al. (1968) encontraram uma correlação negativa entre a concentração de açúcares nos colmos, na maturação completa do milho, e a percentagem de acamamento. Portanto, a característica apresentada pelo CMS 202 X, em translocar menos fotoassimilados do colmo para os grãos e/ou menor perda por respiração, deve favorecer, inclusive, à resistência ao acamamento.

Teoricamente, deve-se notar a possibilidade de influência do tamanho do pendão na produtividade do milho. Diversos autores, tais como: Muleba et al. (1983), Souza Júnior et al. (1981), Geraldi (1977) e Buren et al. (1974) encontraram evidências de que, quanto maior o pendão, menor é a possibilidade de prolificidade e eficiência na conversão da MST em grãos. Esta evidência pode, também, justificar a maior produção do CMS 202 X (menor % de MST no pendão), quando comparada à produção do CMS 201 X, que apresentou maior % de MST no pendão.

#### Acumulação total de nutrientes

De modo análogo à acumulação de MST, não se constataram diferenças significativas entre os experimentos com e sem irrigação para a acumulação de fósforo, potássio, cálcio e magnésio. Desta forma, as equações ajustadas na Tabela 2 referem-se aos dados médios obtidos com e sem irrigação suplementar.

Vose (1963) mencionou diferentes exemplos da possibilidade de se trabalhar em melhoramento genético com plantas mais eficientes em utilizar nutrientes, tanto em absorvê-los como em convertê-los em produção de grãos. Clark & Brown (1974) e Pollmer et al. (1979), dentre outros, também demonstraram esta possibilidade. Por outro lado, Andrade et al. (1977), apesar de encontrarem diferenças entre as quantidades de massa seca total e de nutrientes acumulados, sugerem que estas variações não se traduziriam, necessariamente, em aumento na produção de grãos. Neste caso, talvez a seleção dos materiais, em solos com alta fertilidade, tenha levado à sua uniformização quanto à eficiência na utilização de nutrientes.

Como demonstrado na Tabela 2, as quantidades máximas obtidas entre as cultivares não apresentam diferenças marcantes para fósforo, potássio, cálcio e magnésio. Apesar desta semelhança nos teores acumulados, o híbrido CMS 202 X apresentou uma produtividade superior em 1.295 kg/ha ao CMS 201 X, demonstrando que aquele híbrido é mais eficiente em transformar o assimilado em grãos. A maior eficiência do CMS 202 X, de modo análogo à acumulação da MST, pode ser explicada pelo maior período de absorção iônica, e uma taxa de acumulação mais lenta (Fig. 3). Isto não indica,

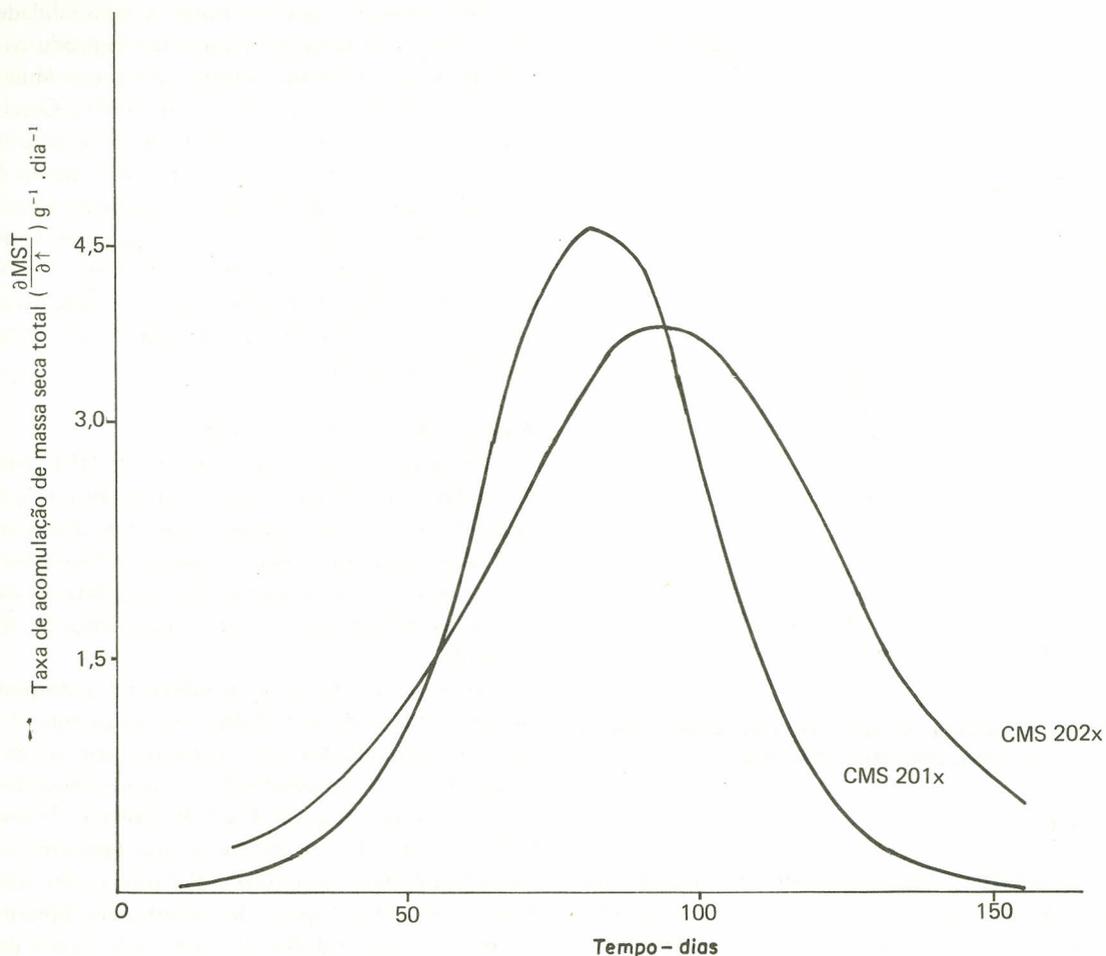


FIG. 3. Taxa de acumulação de massa seca total de dois híbridos de milho, CMS 201x e CMS 202x.

necessariamente, um ciclo maior da planta. Contudo, pode indicar um período maior de eficiência fotossintética ou um período maior de enchimento de grãos, concordando com os dados apresentados por Fakorede & Mock (1978).

Calculando-se, por exemplo, as quantidades de nutrientes existentes na MST na época da colheita (154 dias após a germinação), verificou-se que o híbrido CMS 201 X perdeu 18%, 69%, 67% e 31%, respectivamente, do P, K, Ca e Mg absorvidos. Em contraste, o CMS 202 X perdeu 4%, 37%, 15% e 14%, respectivamente, do P, K, Ca e Mg. Estas perdas, ao final do ciclo, também foram constatadas por Sayre (1948), Hanway (1962), Tukey Junior

(1970), Terman & Allen (1974) e Hanway (1969), e indicam a necessidade da acumulação de nutrientes prolongar-se por maior tempo, para evitar as perdas pelas folhas e colmos.

No período de máximo acúmulo, houve uma necessidade média para os dois híbridos, de 24 kg/ha de P, 71 kg/ha de K, 29 kg/ha de Ca e 18 kg/ha de Mg. Hanway (1962) apresentou uma variação de 10 a 33 kg de P/ha e 32 a 107 kg de K/ha, na dependência da cultivar e da fertilidade do solo. Afora o K, para o qual Andrade et al. (1977) apresentaram uma extração máxima de 192 a 235 kg/ha, os resultados encontrados no presente ensaio também situaram-se dentro dos limites apresenta-

TABELA 2. Equações ajustadas para acumulação total de fósforo, potássio, cálcio e magnésio e alguns parâmetros derivados.

Elemento	Cultivar CMS	Equação	R <sup>2</sup> %	Acúmulo máximo		Taxa de acumulação máxima	
				Dias <sup>1</sup>	mg . planta <sup>-1</sup>	Dias <sup>1</sup>	mg . planta <sup>-1</sup> . dia <sup>-1</sup>
Fósforo	201 X	$\hat{y} = 66,831 - 6,758x + 0,174x^2 - 0,00076x^3$	97***	130	459	76	6,5
	202 X	$\hat{y} = 28,359 - 3,760x + 0,119x^2 - 0,0005x^3$	98***	141	462	79	5,7
Potássio	201 X	$\hat{y} = -540,26 + 29,66x - 0,00098x^3$	87***	100	1.446	-	-
	202 X	$\hat{y} = 634,251 + 39,511x - 0,1928x^2$	92***	102	1.390	-	-
Cálcio	201 X	$\hat{y} = 40,062 - 6,776x + 0,251x^2 - 0,0013x^3$	96***	113	604	64	9,4
	202 X	$\hat{y} = -36,164 - 0,378x + 0,117x^2 - 0,0006x^3$	98***	128	574	65	7,2
Magnésio	201 X	$\hat{y} = 59,62 - 6,113x + 0,159x^2 - 0,00072x^3$	99***	122	373	72	5,6
	202 X	$\hat{y} = 26,123 - 3,525x + 0,112x^2 - 0,0005x^3$	99***	131	362	75	4,8

1 Dias após a emergência.

dos por aqueles autores para as extrações de P, Ca e Mg. Os períodos de máximo acúmulo, entretanto, foram superiores aos apresentados por Andrade et al. (1977).

#### Acumulação de fósforo nas diferentes partes da planta

Nos colmos e nas folhas, as quantidades de fósforo acumuladas, tanto no híbrido CMS 201 X como no CMS 202 X, foram máximas em períodos similares (Tabela 3).

Nos grãos e nas espigas, os dados apresentados na Tabela 3 evidenciaram que o CMS 201 X apresentou menor período de enchimento de grãos que o CMS 202 X, muito embora se tenha que salientar a não observância da formação de camada preta, como demonstrado por Carter & Poneleit (1973), indicando a maturação dos grãos. Quanto ao percentual do fósforo total convertido em grãos, observou-se (Tabela 3) não haver diferenças marcantes entre as duas cultivares (acúmulo máximo). Todavia, através dos dados apresentados nas Tabelas 1 e 2, foi possível determinar que a cultivar CMS 201 X produziu 237 kg de grãos/kg de P absorvido, enquanto a cultivar CMS 202 X produziu 292 kg de grãos/kg de P absorvido. Estes valores estão acima daqueles apresentados por Hanway (1969) e Robertson et al. (1968), 118 a 212 kg de grão/kg de P, o que sugere a possibilidade de se desenvolver trabalhos de melhoramento de milho, na tentativa de se obterem materiais mais eficientes em converter (e/ou absorver) o fósforo assimilado em produção de grãos.

Outro ponto que merece destaque é o maior percentual de fósforo no pendão do híbrido CMS 201 X, quando comparado ao CMS 202 X, principalmente quando existe a expectativa da correlação negativa entre o tamanho do pendão e a produtividade de milho (Buren et al. 1974).

De modo análogo à matéria seca, houve translocação de fósforo dos colmos e folhas para os grãos. A maior translocação ocorreu na cultivar CMS 201 X, como demonstrado na Tabela 3, através da acumulação ao final do ciclo vegetativo.

TABELA 3. Equações ajustadas para acumulação total de fósforo nas diferentes partes das plantas.

Parte da planta	Cultivar CMS	Equações	R <sup>2</sup> %	Acúmulo máximo		Acúmulo do fim do ciclo % <sup>2</sup>
				Dias <sup>1</sup>	% <sup>2</sup>	
Colmos	201 X	$\hat{y} = -10,792 + 0,552x - 0,00305x^2$	68*	90	14,2	1,9
	202 X	$\hat{y} = -9,682 + 0,519x - 0,0027x^2$	73**	96	15,3	6,2
Folhas	201 X	$\hat{y} = -8,81 + 0,421x - 0,000015x^3$	80**	97	18,3	1,2
	202 X	$\hat{y} = -10,05 + 0,551x - 0,003x^2$	85***	92	15,3	3,7
Espigas	201 X	$\hat{y} = -305,77 + 5,437x - 0,0192x^2$	89*	142	79,0	76,0
	202 X	$\hat{y} = 180,723 + 3,183x - 0,0095x^2$	98**	154	83,0	83,0
Grãos	201 X	$\hat{y} = -863,495 + 13,583x - 0,049x^2$	98*	139	78,0	66,0
	202 X	$\hat{y} = -232,59 + 3,579x - 0,01x^2$	100***	154	80,0	80,0
Pendão	201 X	$\hat{y} = 36,609 - 0,566x + 0,0022x^2$	86**	75 <sup>3</sup>	6,5	0,2
	202 X	$\hat{y} = 18,147 - 0,265 + 0,00098x^2$	89**	75 <sup>3</sup>	3,8	0,2

<sup>1</sup> Dias após a germinação.

<sup>2</sup> % de fósforo acumulado na planta inteira.

<sup>3</sup> Dias após a germinação onde se observou maior peso de pendão.

TABELA 4. Equações ajustadas para acumulação total de potássio nas diferentes partes das plantas.

Parte da planta	Cultivar CMS	Equações	R <sup>2</sup> %	Acúmulo máximo		Acúmulo ao fim do ciclo % <sup>2</sup>
				Dias <sup>1</sup>	% <sup>2</sup>	
Colmos	201 X	$\hat{y} = -24,88 + 1,584x - 0,014x^2 + 0,00035x^3$	81**	81	30,2	14,9
	202 X	$\hat{y} = -34,161 + 2,365x - 0,0248x^2 - 0,00007x^3$	73**	64	34,0	-2,5
Folhas	201 X	$\hat{y} = -27,89 + 1,766x - 0,0161x^2 + 0,000037x^3$	84***	73	29,6	-2,6
	202 X	$\hat{y} = -24,567 + 1,648x - 0,0145x^2 + 0,00003x^3$	87***	74	30,0	-5,1
Espigas	201 X	$\hat{y} = 39,70 - 0,00056x^2$	37 n.s.	—	—	—
	202 X	$\hat{y} = 137,45 + 2,873x - 0,011x^2$	98**	131	50,1	44,1
Grãos	201 X	$\hat{y} = -218,921 + 3,55x - 0,013x^2$	100***	137	23,4	19,5
	202 X	$\hat{y} = 259,52 + 4,348x - 0,0164x^2$	100***	133	28,7	21,1
Pendão	201 X	$\hat{y} = 35,55 - 0,533x + 0,002x^3$	98***	75 <sup>3</sup>	6,8	0,9
	202 X	$\hat{y} = 9,226 - 0,0607x$	89***	75	4,5	-0,1

<sup>1</sup> Dias após a germinação.

<sup>2</sup> Percentagem de K nas diferentes partes da planta em relação a máxima absorção de K.

<sup>3</sup> Dias após a germinação, onde se observou maior peso de pendão.

#### Acumulação de potássio nas diferentes partes da planta

A análise estatística não acusou diferenças significativas para a acumulação do potássio, nas diferentes partes da planta, dentro das épocas estudadas, entre os tratamentos com e sem irrigação su-

plementar. Desta forma, as equações apresentadas na Tabela 4 foram obtidas com os dados médios de ambos os experimentos.

O potássio foi intensamente mobilizado nas diferentes partes da planta. Ao final do ciclo, a palhada residual continha pouco potássio, sendo ajustados valores percentuais negativos. Pelos grãos, fo-

ram exportados apenas 20,3% do potássio total absorvido. O potássio restante, na sua maioria, voltou para o solo através da lavagem das folhas e colmos. Esta perda do K para o solo também foi mencionada por Sayre (1948), Tukey Junior (1970) e Andrade et al. (1975).

Tomando-se como referência o acúmulo máximo de K (Tabela 2) e as respectivas produções de grãos, foi possível verificar que houve uma produção de 75 e 95 kg de grãos/kg de K absorvido, respectivamente, para as cultivares CMS 201 X e CMS 202 X. Hanway (1962) apresentou uma variação de 37 a 105 kg de grão/kg de K para diferentes cultivares, e Robertson et al. (1968), uma produção de 54 kg de grão/kg de K.

Portanto, apesar da mobilidade do elemento, há variações genéticas quanto ao máximo acúmulo de potássio e na eficiência de conversão do K absorvido em grãos.

## RESUMO E CONCLUSÕES

Com o objetivo de se avaliarem aspectos da nutrição mineral e da fisiologia vegetal, no aprimoramento do processo de obtenção de materiais com maior produção de grãos/unidade de nutriente e de massa seca, foram conduzidos ensaios com dois híbridos experimentais, CMS 201 X e CMS 202 X.

A diferença genética entre os dois materiais reside, basicamente, na introdução de uma linhagem. Os ensaios foram conduzidos com e sem irrigação suplementar, em solo LEd, fase cerrado e no delineamento experimental de blocos ao acaso, em dez tratamentos e duas repetições. Os tratamentos foram constituídos pelas épocas de amostragem (dias após a germinação): 15, 30, 45, 60, 75, 90, 105, 120, 142 e 154. Em cada parcela coletaram-se seis plantas competitivas, para as determinações de massa seca, teor de P, K, Ca e Mg nas diferentes partes das plantas.

Entre os dois materiais, o CMS 202 X apresentou uma produção de grãos superior em 24%, com taxa de acumulação de Massa Seca Total de  $18 \text{ g.m}^{-2} \cdot \text{dia}^{-1}$  sendo alcançada aos 88 dias após a germinação. O CMS 201 X alcançou uma taxa máxima de acumulação da MST aos 77 dias com  $23 \text{ g.m}^{-2} \cdot \text{dia}^{-1}$ .

Os dois híbridos comportaram-se de modo distinto, quanto à mobilização dos fotoassimilados dos colmos para os grãos. Houve evidência de que o híbrido mais eficiente (ou produtivo) possui menor acumulação de massa seca nos colmos e folhas, principalmente após o florescimento masculino possuindo, também, menor pendão.

Não houve diferença entre os dois híbridos para as quantidades máximas absorvidas de P, K, Ca e Mg, cujos valores médios foram, respectivamente, de 23 kg/ha, 71 kg/ha, 29 kg/ha e 18 kg/ha.

O CMS 201 X apresentou uma eficiência de 237 kg de grão/kg de P absorvido e de 75 kg de grão/kg de K absorvido, no ponto de máximo acúmulo.

O CMS 202 X apresentou a eficiência de 292 kg de grão/kg de P absorvido e 95 kg de grão/kg de K absorvido, também neste ponto de máximo acúmulo.

Em média, foram exportados pelos grãos 20,3% do potássio total absorvido. Ao fim do experimento, pouco potássio foi encontrado nas diferentes partes residuais da planta, indicando a intensidade das perdas por lavagem das folhas e colmos.

## REFERÊNCIAS

- ADELANA, B.O. & MILBOURN, G.M. The growth of maize. II. Dry matter partition in three maize hybrids. *J. Agric. Sci.*, 78(1):73-8, 1972.
- ANDRADE, A.G.; HAAG, H.P.; OLIVEIRA, G.D & SARRUGE, I.R. Acumulação diferencial de nutrientes em cinco cultivares de milho. Piracicaba, ESALQ, 1977. 106p.
- BUREN, L.L.; MOCK, J.J. & ANDERSON, I.C. Morphological and physiological traits in maize associated with tolerance to high plant density. *Crop Sci.*, 14: 426-39, 1974.
- CARTER, M.W. & PONELEIT, C.G. Black layer maturity and filling period variation among inbred lines of corn (*Zea mays*, L.). *Crop Sci.*, 13:436-9, 1973.
- CLARK, R.B. & BROWN, J.C. Differential phosphorus uptake by phosphorus stressed corn inbreds. *Crop Sci.*, 14:505-8, 1974.

- DAYNARD, T.B.; TANNER, J.W. & HUME, D.S. Contribution of stalk soluble carbohydrates to grain yield in corn (*Zea mays*, L.). *Crop Sci.*, 9:831-4, 1969.
- EVANS, C.G. *The quantitative analysis of plant growth*. Oxford, Blackwell Scientific, 1972. 734p.
- FAKOREDE, M.A.B. & MOCK, J.J. Changes in morphological and physiological traits associated with recurrent selection for grain yield in maize. *Euphytica*, 27:397-409, 1978.
- GERALDI, I.O.; MIRANDA FILHO, J.B. & VENCOVSKY, R. Estimaco de parmetros genticos de caracteres do pendo em milho (*Zea mays*, L.) e perspectivas de melhoramento. *Relat. ci. Inst. Gentic. Esc. Sup. Agric. Luiz de Queiroz*, 11:63-70, 1977.
- GOLDSWORTHY, P.R. & COLEGROVE, M. Growth and yield of highland maize in Mexico. *J. Agric. Sci.*, 83:213-21, 1974.
- GOLDSWORTHY, P.R.; PALMER, A.F.E. & SPERLING, D.W. Growth and yield of lowland tropical maize in Mexico. *J. Agric. Sci.*, 83:223-30, 1974.
- HANWAY, J.J. Corn growth and composition in relation to soil fertility. II. Uptake of N, P and K and their distribution in different plant parts during the growing season. *Agron. J.*, 54(3):217-22, 1962.
- HANWAY, J.J. & RUSSEL, W.A. Dry matter accumulation in corn plants; comparisons among single-cross hybrids. *Agron. J.*, 61:947-51, 1969.
- LIEBHARDT, W.C.; STANGEL, P.J. & MURDOCK, T.J. A mechanism for premature parenchyma breakdown in corn (*Zea mays*, L.). *Agron. J.*, 60:496-99, 1968.
- LOPES, N.F. *Anlise de crescimento e converso da energia solar em populao de milho (Zea mays, L.) em Viosa, Minas Gerais*. Viosa, UFV, 1973. 61p. Tese Mestrado.
- MORTIMORE, C.G. & WARD, G.M. Root and stalk rot of corn in southwestern Ontario. III. Sugar levels as a measure of plant vigor and resistance. *Can. J. Plant Sci.*, 44:451-7, 1964.
- MULEBA, N.; HART, T.G. & PAULSEN, G.M. Physiological factors affecting maize (*Zea mays*, L.) yields under tropical and temperate conditions. *Trop. Agric., Trinidad*, 60(1):3-10, 1983.
- POLLMER, W.G.; EBERHARD, D.; KLEIN, D. & DHILLON, B.S. Genetic control of nitrogen uptake and translocation in maize. *Crop Sci.*, 19:82-6, 1979.
- RADFORD, P.J. Growth analysis formulae; their use and abuse. *Crop Sci.*, 7:171-5, 1967.
- ROBERTSON, W.K.; THOMPSON, L. & HAMMOND, L.C. Yield and nutrient removal by corn (*Zea mays*, L.) for grain as influenced by fertilizer, plant population, and hybrid. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 32:245-9, 1968.
- SARRUGE, J.R. & HAAG, H.P. *Anlises qumicas em plantas*. Piracicaba, ESALQ, 1974.
- SAYRE, J.D. Mineral accumulation in corn. *Plant Physiol.*, 23(3):267-81, 1948.
- SOUZA JNIOR, C.L.; GERALDI, I.O. & ZINSLY, J.R. Influncia do tamanho do pendo na expresso da prolificidade em milho (*Zea mays*, L.). *Relat. ci. Inst. Gentic. Esc. Sup. Agric. Luiz de Queiroz*, 15:248-57, 1981.
- TERMAN, G.L. & ALLEN, S.E. Losses of nitrogen and mineral nutrients from corn grown in greenhouse for experiments. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 38:327-6, 1974.
- TUKEY JUNIOR, H.R. The leaching of substances from plants. *Annu. Rev. Plant Physiol.*, 21:305-24, 1970.
- VOSE, P.B. Varietal differences in plant nutrition. *Herb. Abstr.*, 33(1):1-13, 1963.
- WATANABE, F.S. & OLSEN, S.R. Test of ascorbic acid method for determining phosphorus in water and NaHCO<sub>3</sub> extracts from the soil. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 29:677-8, 1965.
- YAMAGUCHI, J. Varietal traits limiting the grain yield of tropical maize. IV. Plant Traits and productivity of tropical varieties. *Soil Sci. Plant Nutri.*, 20(3):287-304, 1974.